

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 785 443 A3

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:  
02.12.1998 Patentblatt 1998/49

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G01S 15/10, G01S 7/527,  
G01N 29/18

(43) Veröffentlichungstag A2:  
23.07.1997 Patentblatt 1997/30

(21) Anmeldenummer: 97100013.8

(22) Anmeldetag: 02.01.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE DK ES FR GB IT LI NL

(71) Anmelder:  
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(30) Priorität: 26.01.1996 DE 19602810

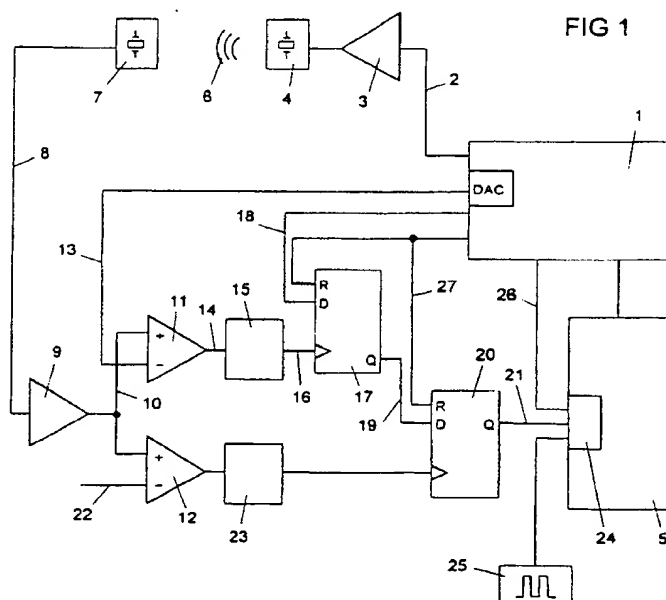
(72) Erfinder: Kroemer, Nils  
09337 Hohenstein-Ernstthal (DE)

(54) Verfahren und Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals zwischen einem Sender (4) und einem in Abstand dazu angeordneten Empfänger (7), wobei der Sender (4) pulsformige Signale (6) abgibt, die den Empfänger als über mehrere Schwingungen ansteigende und wieder abfallende Wellengruppe erreichen. Das Empfangssignal wird durch einen ersten Komparator (11) mit einer ersten vorgebbaren Schwellenspannung und durch einen zweiten Komparator (12) mit einer nahe seinem Gleichanteil liegenden zweiten Schwellenspannung

verglichen. Unabhängig davon, ob die erste Schwellenspannung größer oder kleiner als die zweite Schwellenspannung ist, wird erfindungsgemäß sichergestellt, daß immer durch das Schalten des ersten Komparators (11) nahe dem Beginn einer positiven bzw. negativen Halbwelle des Empfangssignals ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals für einen Laufzeitzähler (5) erzeugt wird.

Die Erfindung wird angewandt bei Ultraschall-Durchflußmessern.



0 785 443 A3



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 10 0013

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	WITHERS P: "TIME OF FLIGHT DETECTOR FOR ULTRASONIC INSTRUMENTATION" ELECTRONIC ENGINEERING, Bd. 65, Nr. 796, 1. April 1993, Seite 32 XP000351757 * das ganze Dokument *	1, 4, 5	G01S15/10 G01S7/527 G01N29/18
A	US 3 824 464 A (ROTIER D ET AL) 16. Juli 1974 * Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 65 * * Abbildung 1 * * Abbildung 2 *	1, 4	
A	EP 0 185 133 A (FOERSTER INST DR FRIEDRICH) 25. Juni 1986 * Abbildung 2 * * Ansprüche 1, 3, 4 *	1-6	
A, D	US 5 123 286 A (BAUMGAERTNER MANFRED) 23. Juni 1992 * Anspruch 1 * * Anspruch 3 *	1, 4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01S
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 12. Oktober 1998	Prüfer Ó Donnabháin, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P0-C03)

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 785 443 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
23.07.1997 Patentblatt 1997/30

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G01S 15/10, G01S 7/527,  
G01N 29/18

(21) Anmeldenummer: 97100013.8

(22) Anmeldetag: 02.01.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE DK ES FR GB IT LI NL

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

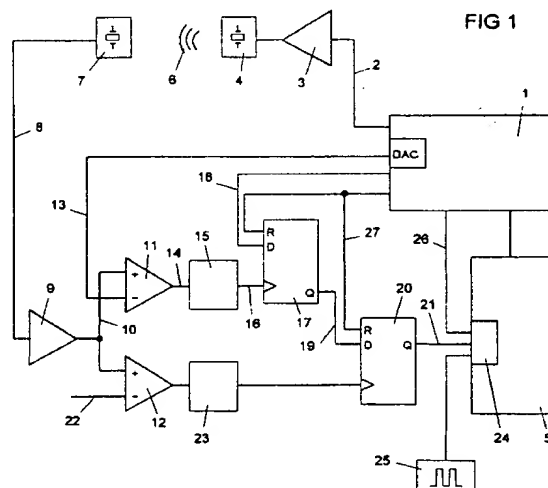
(30) Priorität: 26.01.1996 DE 19602810

(72) Erfinder: Kroemer, Nils  
09337 Hohenstein-Ernstthal (DE)

(54) **Verfahren und Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals zwischen einem Sender (4) und einem in Abstand dazu angeordneten Empfänger (7), wobei der Sender (4) pulsformige Signale (6) abgibt, die den Empfänger als über mehrere Schwingungen ansteigende und wieder abfallende Wellengruppe erreichen. Das Empfangssignal wird durch einen ersten Komparator (11) mit einer ersten vorgebbaren Schwellenspannung und durch einen zweiten Komparator (12) mit einer nahe seinem Gleichanteil liegenden zweiten Schwellenspannung verglichen. Unabhängig davon, ob die erste Schwellenspannung größer oder kleiner als die zweite Schwellenspannung ist, wird erfindungsgemäß sichergestellt, daß immer durch das Schalten des ersten Komparators (11) nahe dem Beginn einer positiven bzw. negativen Halbwelle des Empfangssignals ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals für einen Laufzeitzähler (5) erzeugt wird.

Die Erfindung wird angewandt bei Ultraschall-Durchflußmessern.



0 785 443 A2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 4.

Aus der EP-PS 0 452 531 sind ein derartiges Verfahren und eine derartige Meßeinrichtung bekannt. Die Laufzeitmessung beispielsweise eines Ultraschallsignals beruht darauf, daß von einem Sendewandler ein pulsförmiges Schallsignal in das Meßmedium eingekoppelt und nach dem Durchlaufen der Meßstrecke von einem Empfangswandler detektiert wird. Die Schallaufzeit ist die Zeitdifferenz zwischen dem Sendevorgang und dem Eintreffen des Ultraschallsignals am Empfangsort. Bei einer Schallreflexion wird das gesendete Schallsignal an einer Grenzschicht zwischen dem Meßmedium und einem angrenzenden Medium reflektiert, bevor es zum Empfangswandler gelangt. In diesem Fall kann auch ein einziger Schallwandler wechselseitig als Sende- und Empfangswandler betrieben werden.

Die Ultraschall-Laufzeitmessung ist für vielfältige Meßaufgaben einsetzbar. Hierzu zählen beispielsweise die Abstandsmessung und die Durchflußmessung in gasförmigen oder flüssigen Medien. Ein anderes typisches Anwendungsgebiet ist die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, zu der im weiteren Sinne auch die Wanddickenmessung gehört.

Für die Bestimmung der Laufzeit ist in der obengenannten Druckschrift das Puls-Front-Verfahren beschrieben, das im einfachsten Fall darauf beruht, daß die Impulsfront des analogen Empfangssignals mittels eines Schwellwertdetektors erfaßt wird. Ein mit dem Sendevorgang gestarteter Laufzeitzähler wird bei Ansprechen des hierzu verwendeten Empfangssignalkomparators gestoppt. Nachteilig hierbei ist, daß der exakte Stoppzeitpunkt vom Verhältnis des eingestellten Schwellwertes zur Signalamplitude abhängt. Dadurch ist die erzielbare Genauigkeit der Laufzeitmessung bei veränderlicher Signalamplitude eingeschränkt. Dieser Nachteil wird umgangen, indem der auf das Ansprechen des Empfangssignalkomparators nächstfolgende Signal-Nulldurchgang für das Stoppen des Laufzeitzählers genutzt wird. Die Nulldurchgangsdetektion erfolgt mit einem zweiten Komparator, dessen Schaltschwelle nahe dem Bezugspotential des Empfangssignals eingestellt ist. Mit diesem Verfahren ist eine von der Empfangssignalamplitude nahezu unabhängige Laufzeitmessung möglich.

Die bekannte Meßeinrichtung arbeitet mit einer vor-eingestellten Polarität des Empfangssignalkomparators. Dies bedeutet beispielsweise, daß stets eine positive Signalhalbwellen zur Freigabe des Stoppsignals und ein fallender Signal-Nulldurchgang zum Stoppen des Laufzeitzählers benutzt werden. Diese Signalauswertung in nur einer Polarität ist jedoch immer dann nachteilig, wenn die Form des Empfangssignals gegenüber einem definierten Referenzzustand, z. B. durch Variation der Übertragungseigenschaften des Meßmediums, verän-

dert wird. Ändert sich bei der Ultraschall-Abstandsmessung nach dem Reflexionsverfahren die Signalform derart, daß gegenüber dem Ausgangszustand beispielsweise erst die nächstfolgende Schwingung ausgewertet wird, so führt dies zu einem positiven systematischen Meßfehler von einer halben Wellenlänge. Eine weitere Applikation, bei der die Signalform sehr stark mit dem zu messenden Medium variiert, ist die Ultraschall-Durchflußmessung. Insbesondere bei Meßrohren, in denen das Schallsignal durch Reflexionen umgelenkt wird, kann es zu Phasenänderungen beim Empfangssignal kommen, durch welche die Polarität der auszuwertenden Signalhalbwellen umgekehrt wird. Je nach Wellenlänge und Übertragungsweg kann ein Laufzeitfehler, welcher einer halben Wellenlänge entspricht, trotz des Laufzeit-Differenzverfahrens zu beachtlichen Meßfehlern führen.

Die Medienabhängigkeit der Form der beim Empfänger ankommenden Wellengruppen hat im wesentlichen zwei Ursachen. Zum einen unterscheiden sich die Wellenlängen in verschiedenen Medien je nach Schallgeschwindigkeit. Parasitäre Reflexionen wirken sich, z. B. durch Interferenz, je nach Wellenlänge unterschiedlich auf Nutzreflexionen aus. Es kann daher beispielsweise für die Anwendung bei einem Ultraschall-Durchflußmesser nicht davon ausgegangen werden, daß sich der Schall in einem ungestörten Schallfeld ausbreitet. Zum anderen sind Dämpfungseffekte auf dem Übertragungsweg vom Meßmedium abhängig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektrischen, elektromagnetischen oder akustischen Signals zu schaffen, welche die obengenannten Nachteile vermeiden und die Meßsicherheit verbessern.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Verfahren der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 und die neue Einrichtung die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 4 genannten Merkmale auf. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß unabhängig von der jeweils eingestellten Polarität der ersten Schwellenspannung des ersten Komparators, der eine positive oder negative Halbwellen der Wellengruppe detektiert, korrekte Signale für die Freigabe des Stoppsignals, das Stoppen des Laufzeitzählers und somit genauere Meßwerte geliefert werden. Bei geringem Schaltungsaufwand wird eine eindeutige, fehlerfreie Zuordnung zwischen der auszuwertenden Signalhalbwellen und dem Signal-Nulldurchgang zum Stoppen des Laufzeitzählers gewährleistet.

Durch eine beliebig verschiebbare erste Schwellenspannung, die durch einen Digital-Analog-Konverter erzeugt wird, kann eine dynamische Anpassung der Signalauswertung an veränderliche Signalförmungen auch über das Bezugspotential hinweg in den positiven oder negativen Bereich erfolgen. Dadurch wird eine Bereichserweiterung in die andere Polarität erreicht. Ohne die Gefahr eines systematischen Fehlers können

positive und negative Signalhalbwellen zur Laufzeitmessung ausgewertet werden. Die Laufzeitmessung kann durch einen voreinstellbaren Impulszähler so modifiziert werden, daß ein beliebig vorgebbarer und zudem polaritätsunabhängiger Signal-Nulldurchgang für das Stoppen des Laufzeitzählers selektierbar ist. Aus einer Meßreihe mit mehreren Messungen für verschiedene selektierte Nulldurchgänge können Informationen über die Form der Wellengruppe gewonnen und einer Auswerteeinheit zur Verfügung gestellt werden. Da sich parasitäre Reflexionen, beispielsweise bei der Ultraschall-Durchflußmessung, auf die verschiedenen Nulldurchgänge einer Wellengruppe abweichend auswirken, kann durch eine Auswertung mehrerer Nulldurchgänge eine verbesserte Genauigkeit des Meßergebnisses erreicht werden.

Durch die Verwendung einer Impulserzeugungseinrichtung kann die erste Schwellenspannung ohne weiteres umgeschaltet werden auf positive oder negative Werte, ohne die Polarität der Komparatoren an deren Ein- oder Ausgängen anpassen zu müssen.

Dadurch kann die Schwellenspannung auf die Halbwelle gelegt werden, die zur vorhergehenden mit der größten Dynamik angestiegen ist, gleichgültig, ob diese positive oder negative Polarität besitzt. Dabei wird keinerlei zusätzliche Steuerlogik benötigt. Zwischen Freigabe des Stoppsignals und dem Stoppsignal für den Laufzeitzähler selbst ist in jedem Fall ein Mindestabstand von mehr als einem Viertel der Wellenlänge gewährleistet. Dadurch wird ein Stoppen des Laufzeitzählers bei einem zu späten Nulldurchgang sicher vermieden. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, daß durch eine Impulserzeugungseinrichtung nach dem zweiten Komparator bei jedem Nulldurchgang des Empfangssignals ein Impuls gebildet wird.

Dadurch ist es möglich, sowohl bei Nulldurchgängen in positiver wie auch in negativer Richtung ein Stoppsignal für den Laufzeitzähler zu erzeugen.

Anhand der Zeichnungen, in denen Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind, werden im folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 ein Prinzipschaltbild einer Einrichtung zur Laufzeitmessung,  
Figuren 2 und 3 qualitative Darstellungen des Empfangssignals und der Ausgangssignale der beiden Komparatoren jeweils für eine negative und eine positive erste Schwellenspannung,  
Figur 4 die Verläufe der Komparatorausgangssignale nach Figur 3, ergänzt um die Ausgangssignale der Impulserzeugungseinrichtungen,  
Figur 5 einen Ausschnitt des Prinzipschaltbilds nach Figur 1, in welchem den Impulserzeugungseinrichtungen Impulszähler nachgeschaltet sind,

und

Figur 6

eine einfache Impulserzeugungseinrichtung.

- 5 Gemäß Figur 1 wird von einem Mikro-Controller 1, welcher sämtliche Steuer- und Auswertefunktionen übernimmt, zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einer Leitung 2 über einen Sendeverstärker 3 ein pulsformiges Signal zur Anregung eines Sendewandlers 4 erzeugt. Gleichzeitig wird ein Laufzeitzähler 5 zur Mes-  
10 sung der Laufzeit eines pulsformigen Ultraschallsignals 6 gestartet. Das in ein Meßmedium abgestrahlte pulsformige Ultraschallsignal 6 gelangt nach dem Durchlaufen einer Meßstrecke zu einem Empfangswandler 7 und  
15 wird dort in ein elektrisches Signal auf einer Leitung 8 umgewandelt. Mit einem Empfangsverstärker 9 wird dieses elektrische Signal verstärkt und als Empfangssignal auf einer Leitung 10 gleichzeitig einem ersten Komparator 11 und einem zweiten Komparator 12 zuge-  
20 führt. Im ersten Komparator 11 wird das Empfangssignal mit einer ersten Schwellenspannung auf einer Leitung 13 verglichen, die im Mikro-Controller 1 durch einen Digital-Analog-Wandler DAC erzeugt wird. Der erste Komparator 11 liefert ein positives Ausgangssig-  
25 nal auf einer Leitung 14, wenn das Empfangssignal größer als die Schwellenspannung ist. Die Schwellenspannung ist so eingestellt, daß sie außerhalb des Rauschens auf der Leitung 10 liegt. Somit wird durch den ersten Komparator 11 das Eintreffen einer Wellen-  
30 gruppe beim Empfangswandler 7 angezeigt. Jede Flanke auf der Leitung 14 wird durch eine Impulserzeugungseinrichtung 15 in einen kurzen Impuls auf einer Leitung 16 umgewandelt. Die steigende Flanke eines Impulses bewirkt ein Schalten eines ersten D-Flip-Flops  
35 17, sofern das Ereignis innerhalb eines Meßfensters eintritt, das der Mikro-Controller 1 durch einen High-Pegel auf einer Leitung 18 vorgibt. Der Q-Ausgang des ersten D-Flip-Flops 17 ist über eine Leitung 19 mit dem Dateneingang eines zweiten D-Flip-Flops 20 verbun-  
40 den. Durch einen High-Pegel auf der Leitung 19 wird das zweite D-Flip-Flop 20 zur Erzeugung eines Stoppsignals auf einer Leitung 21 freigegeben. Der zweite Komparator 12 wird auf einer Leitung 22 mit einer zweiten Schwellenspannung versorgt, die etwa dem  
45 Bezugspotential des Empfangssignals entspricht. Der zweite Komparator 12 schaltet somit immer in der Nähe der Nulldurchgänge des Empfangssignals. Der Ausgang des zweiten Komparators 12 ist über eine zweite Impulserzeugungseinrichtung 23, die ebenfalls bei  
50 jeder Flanke an ihrem Eingang einen kurzen Impuls an ihrem Ausgang erzeugt, mit einem Takteingang des zweiten D-Flip-Flops 20 verbunden. Der Q-Ausgang des zweiten D-Flip-Flops 20 wechselt somit seinen Zustand mit der ersten steigenden Flanke an seinem  
55 Takteingang, nachdem das Eintreffen einer Wellengruppe durch den ersten Komparator 11 detektiert wurde. Mit einem High-Pegel auf der Leitung 21 wird ein zuvor offenes Tor 24 des Laufzeitzählers 5 verriegelt, so daß weitere Impulse eines Quarzoszillators 25 nicht

mehr gezählt werden. Die Frequenz des Quarzoszillators 25 liegt im Bereich einiger Megahertz. Der Startzeitpunkt einer Laufzeitmessung wird dem Laufzeitzähler 5 vom Mikro-Controller 1 durch eine ebenfalls auf das Tor 24 geführte Leitung 26 angezeigt. Der Inhalt des Laufzeitzählers 5 wird von dem Mikro-Controller 1 übernommen und weiterverarbeitet. Nach der Messung werden das erste D-Flip-Flop 17 und das zweite D-Flip-Flop 20 durch einen Reset-Impuls auf einer Leitung 27 zurückgesetzt.

In Figur 2 sind beispielhaft Verläufe eines Empfangssignals 28, eines Ausgangssignals 30 des ersten Komparators 11 (Figur 1) und eines Ausgangssignals 31 des zweiten Komparators 12 (Figur 1) dargestellt. Eine erste Schwellenspannung 32 auf der Leitung 13 (Figur 1) ist so eingestellt, daß die zweite negative Halbwelle einer Wellengruppe des Empfangssignals 28 detektiert wird. An Figur 2 wird deutlich, wie wichtig es ist sicherzustellen, daß immer zu Beginn einer detektierten Halbwelle ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals erzeugt wird. Aufgrund der Polarität der Eingangsbeschaltung des ersten Komparators 11 ist der Ruhezustand des Ausgangssignals 30 ein High-Pegel. Bei Beginn der detektierten negativen Halbwelle tritt in Reaktion auf das Unterschreiten der Schwellenspannung 32 durch das Empfangssignal 28 eine negative Flanke - in Figur 2 durch einen Wirkungspfeil 33 angedeutet - auf. Wäre die Impulserzeugungseinrichtung 15 (Figur 1) dem ersten Komparator 11 nicht nachgeschaltet, so würde das erste vorderflankengetaktete D-Flip-Flop 17 erst bei einer steigenden Flanke 34 des Ausgangssignals 30 und damit beim Ende der negativen Halbwelle ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals für den Laufzeitzähler erzeugen. Ein Zeitabstand  $\Delta t$  zum nächstfolgenden Nulldurchgang des Empfangssignals 28, der in Figur 2 durch einen Kreis 35 markiert ist und mit einer steigenden Flanke 36 des Ausgangssignals 31 des zweiten Komparators 12 angezeigt wird, könnte je nach Betrag der Schwellenspannung 32 und Frequenz des Ultraschallsignals so klein werden, daß er für eine ordnungsgemäße Freigabe des zweiten D-Flip-Flops 20 nicht mehr ausreicht. In diesem Falle würde erst eine nachfolgende, steigende Flanke 29 des Ausgangssignals 31 ein Stoppsignal für den Laufzeitzähler hervorrufen, so daß ein Meßfehler von einer ganzen Schwingungsdauer der Schwingungen der Wellengruppe entstehen würde. Da ein solcher Meßfehler zudem von der Form des Empfangssignals 28 abhängen würde, wäre er keine feste, berechenbare Größe und somit nur schwer beherrschbar.

Figur 3 zeigt Verläufe eines Eingangssignals 37, eines Ausgangssignals 38 des ersten Komparators 11 und eines Ausgangssignals 39 des zweiten Komparators 12 für eine positive Schwellenspannung 40. Wenn die erste positive Halbwelle der Wellengruppe des Empfangssignals 37 die Schwellenspannung 40 zum erstenmal überschreitet, wird aufgrund der Polarität der Eingangsbeschaltung des ersten Komparators 11 eine steigende Flanke 41 nahe dem Beginn in der ersten

Halbte der Halbwelle erzeugt, wie dies durch einen Wirkungspfeil 42 in Figur 3 angedeutet ist. Unabhängig davon, ob eine Impulserzeugungseinrichtung 15 im Signalweg des Ausgangssignals des ersten Komparators 11 eingebaut ist, wird bereits zu diesem Zeitpunkt durch das erste D-Flip-Flop 17 (Figur 1) ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals für den Laufzeitzähler erzeugt.

Wäre allerdings die Impulserzeugungseinrichtung 23 nicht vorhanden, so würde nicht bei dem darauffolgenden, in Figur 3 durch einen Kreis 43 markierten Nulldurchgang des Empfangssignals 37, der durch eine fallende Flanke 44 des Ausgangssignals 39 des zweiten Komparators 12 angezeigt wird, der Laufzeitzähler 5 gestoppt, sondern erst bei einer darauffolgenden, steigenden Flanke 45 des Ausgangssignals 39. Dies würde zu einem Meßfehler von einer halben Schwingungsdauer der Schwingungen der Wellengruppe führen. Dieser Meßfehler könnte aber durch Berücksichtigung einer Korrekturzeit bei der Laufzeitmessung wieder weitgehend eliminiert werden, wobei diese Korrekturzeit auch weitere Zeit-Offsets, z. B. schaltungsbedingte Phasendrehungen, Schalllaufzeiten in Vorlaufstrecken, beinhalten kann.

Figur 4 zeigt Verläufe eines Ausgangssignals 46 des ersten Komparators 11, eines Ausgangssignals 47 des zweiten Komparators 12, die demjenigen nach Figur 3 ähnlich sind, sowie Verläufe eines Ausgangssignals 48 der ersten Impulserzeugungseinrichtung 15 und eines Ausgangssignals 49 der zweiten Impulserzeugungseinrichtung 23. Die Impulserzeugungseinrichtungen 15 und 23 liefern bei jeder Signalfanke der Ausgangssignale 46 und 47 Impulse fest eingestellter Dauer und Polarität. Die Eigenschaften der Impulse werden entsprechend der Schwingungsdauer der Schwingungen empfangener Wellengruppen und entsprechend der nachfolgenden Auswerteschaltung festgelegt. Da durch die Impulserzeugungseinrichtung 15 immer nahe dem Beginn einer Halbwelle des Empfangssignals unabhängig von der eingestellten Polarität der ersten Schwellenspannung eine steigende Flanke 50 am Takteingang des ersten D-Flip-Flops 17 erzeugt wird, ist sichergestellt, daß der Abstand zum nächsten Nulldurchgang in jedem Fall mehr als ein Viertel der Schwingungsdauer beträgt. Somit ist ausgeschlossen, daß der nächste Nulldurchgang aufgrund eines zu kurzen Zeitabstands  $\Delta t$  übergangen und beim falschen Nulldurchgang ein Stoppsignal gegeben wird. Durch die zweite Impulserzeugungseinrichtung 23, die bei jeder Flanke des Ausgangssignals 47 einen Impuls auf ihrem Ausgangssignal 49 erzeugt, wird auch ein Meßfehler von einer halben Schwingungsdauer aufgrund fehlerhafter Polarität vermieden. Unabhängig von der eingestellten Polarität des zweiten Komparators 12 wird bei jedem Nulldurchgang ein Impuls erzeugt. Somit wird bei einer Flanke 51 des Ausgangssignals 49 der zweiten Impulserzeugungseinrichtung 23 das zweite D-Flip-Flop 20 getaktet und ein Stoppsignal an den Laufzeitzähler 5 gegeben. Es wird nun der korrekte Nulldurch-

gang ausgewertet.

Eine weitere, in den Figuren nicht dargestellte Möglichkeit, sicherzustellen, daß immer durch Schalten des ersten Komparators nahe dem Beginn einer positiven oder negativen Halbwelle des Empfangssignals ein Signal zur Freigabe eines Stoppsignals für den Laufzeit-  
zähler erzeugt wird, ist das Umschalten der Polaritäten  
entweder der Eingangsbeschaltungen der beiden Kom-  
paratoren 11 und 12 oder das Invertieren ihrer Aus-  
gangssignale in Abhängigkeit von der Polarität der  
Schwellenspannung am ersten Komparator 11. Die  
Realisierung einer hierzu erforderlichen Schaltung ist  
aber aufwendiger als die Realisierung des in Figur 1  
gezeigten Ausführungsbeispiels, das sich durch Ein-  
fachheit der zusätzlich erforderlichen Mittel auszeich-  
net.

In dem Ausführungsbeispiel nach Figur 5, die ledig-  
lich einen Schaltungsausschnitt darstellt, wurde das  
Ausführungsbeispiel nach Figur 1 dahingehend verän-  
dert, daß zwischen die Ausgänge der beiden Impulser-  
zeugungseinrichtungen 15, 23 und die beiden  
Takteingänge der D-Flip-Flops 17, 20 zusätzlich jeweils  
voreinstellbare Impulszähler 52 bzw. 53 geschaltet wur-  
den.

Die beiden vorderflankengetakteten D-Flip-Flops 17  
und 20 werden erst getaktet, wenn die an den Impuls-  
zählern 52 bzw. 53 voreingestellte Pulszahl erreicht ist.  
Auf diese Weise kann das Stoppen des Laufzeitzählers  
5 gegenüber der detektierten Halbwelle des Empfangs-  
signals definiert verzögert werden. Der dem zweiten  
Komparator 12 zugeordnete Impulszähler 53 wird erst  
freigegeben, wenn durch das erste D-Flip-Flop 17 ein  
Signal zur Freigabe eines Stoppsignals auf der Leitung  
19 gegeben wurde. Die von dem Mikro-Controller 1 vor-  
gegebenen Einstellwerte der Impulszähler 52 und 53  
werden diesen über Leitungen 54 bzw. 55 zugeführt.  
Bei der Auswertung werden sie durch Abzug einer Kor-  
rekturzeit berücksichtigt.

In dem in Figur 5 gezeigten Ausführungsbeispiel  
sind zwei Impulszähler vorgesehen. Prinzipiell ist aber  
zur Wahl eines beliebigen Nulldurchgangs einer Wel-  
lengruppe bereits ein Impulszähler ausreichend. Um in  
jedem Fall einen ausreichenden Zeitabstand dt zu  
gewährleisten, sollte der Impulszähler 52 nur auf eine  
ungerade Impulszahl voreingestellt werden.

Die mit der Verwendung eines Impulszählers  
ermöglichte Nulldurchgangsauswahl kann zu einer wei-  
teren Verbesserung der Meßsicherheit genutzt werden,  
wenn eine rechnerische Auswertung der über mehrere  
Nulldurchgänge gemessenen Laufzeiten erfolgt. Bei-  
spielsweise bewirkt eine Mittelwertbildung über meh-  
rere Nulldurchgänge eine Verringerung des Meßfehlers,  
da Phasenverschiebungen, die durch Überlagerung der  
Schallpulse von parasitären Übertragungswegen zum  
Schallpuls des Hauptweges entstehen und eine Ver-  
schiebung des jeweiligen Nulldurchgangs in positiver  
oder negativer Richtung verursachen, das Meßergebnis  
aufgrund der Mittelwertbildung weniger beeinflussen.

Eine einfache Einrichtung zur Impulserzeugung

enthält gemäß Figur 6 ein digitales Antivalenzglied 56,  
auf dessen einen Eingang ein Signal direkt und auf des-  
sen anderen Eingang dasselbe Signal über einen Buffer  
57 mit nachgeordneter Verzögerungsschaltung geführt  
ist.

In den Ausführungsbeispielen wurde die Laufzeit-  
messung eines Ultraschallsignals beschrieben. Die  
Erfindung ist aber auch zur Laufzeitmessung anderer,  
insbesondere elektrischer, elektromagnetischer oder  
akustischer Signale geeignet, die beim Empfänger als  
über mehrere Schwingungen ansteigende und wieder  
abfallende Wellengruppe ankommen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Laufzeitmessung eines elektrischen,  
elektromagnetischen oder akustischen Signals zwi-  
schen einem Sender (4) und einem in Abstand  
dazu angeordneten Empfänger (7), wobei der Sen-  
der pulsförmige Signale (6) abgibt, die den Emp-  
fänger (7) als über mehrere Schwingungen  
ansteigende und wieder abfallende Wellengruppe  
erreichen, wobei das Empfangssignal durch einen  
ersten Komparator (11) mit einer ersten vorgebba-  
ren Schwellenspannung verglichen wird, wobei das  
Empfangssignal durch einen zweiten Komparator  
(12) mit einer nahe seinem Gleichanteil liegenden  
zweiten Schwellenspannung verglichen wird und  
wobei die Laufzeitmessung bei einem auf ein  
Schalten des ersten Komparators (11) folgendes  
Schalten des zweiten Komparators (12) gestoppt  
wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß unabhängig davon, ob die erste Schwel-  
lenspannung größer oder kleiner als die zweite  
Schwellenspannung ist, immer durch das  
Schalten des ersten Komparators (11) in der  
ersten Hälfte nahe dem Beginn einer positiven  
bzw. negativen Halbwelle des Empfangssi-  
gnals ein Signal zur Freigabe eines Stoppsig-  
nals für einen Laufzeitzähler (5) erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-  
zeichnet,**

- daß durch eine Impulserzeugungseinrichtung  
(15) bei jeder Flanke des Ausgangssignals des  
ersten Komparators (11) ein kurzer Impuls  
erzeugt wird und
- daß auf einen Impuls in der ersten Hälfte nahe  
dem Beginn einer Halbwelle das Signal zur  
Freigabe des Stoppsignals für den Laufzeitzä-  
her (5) erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekenn-  
zeichnet,**

- daß eine Mehrzahl von Einzelmessungen

durchgeführt wird, wobei jeweils der Laufzeit-  
zähler (5) bei einer auf das Schalten des ersten  
Komparators (11) folgenden vorgebbaren  
Anzahl von Schaltvorgängen des zweiten Kom-  
parators (12) gestoppt wird und nach Abzug 5  
einer Korrekturzeit, die von der jeweils vorge-  
gebenen Anzahl und der Dauer einer Halb-  
welle abhängt, die jeweilige Laufzeit ermittelt  
wird, und

- daß als Ergebnis der Laufzeitmessung der Mit- 10  
telwert aus einer Mehrzahl der ermittelten  
Laufzeiten berechnet wird.

4. Einrichtung zur Laufzeitmessung eines elektri- 15  
schen, elektromagnetischen oder akustischen  
Signals,

- mit einem Sender (4) zur Abgabe pulsförmiger  
Signale (6),
  - mit einem Empfänger (7), der in Abstand zum 20  
Sender (4) angeordnet ist und den die pulsför-  
migen Signale (6) als über mehrere Schwin-  
gungen ansteigende und wieder abfallende  
Wellengruppen erreichen,
  - mit einem ersten Komparator (11) zum Ver- 25  
gleich des Empfangssignals mit einer ersten  
vorgebbaren Schwellenspannung und
  - mit einem zweiten Komparator (12) zum Ver-  
gleich des Empfangssignals mit einer nahe sei-  
nem Gleichanteil liegenden zweiten 30  
Schwellenspannung,
- dadurch gekennzeichnet,**
- daß Mittel (15, 23, 17, 20) vorhanden sind, um 35  
unabhängig davon, ob die erste Schwellen-  
spannung größer oder kleiner als die zweite  
Schwellenspannung ist, immer durch das  
Schalten des ersten Komparators (11) in der  
ersten Hälfte nahe dem Beginn einer positiven  
bzw. negativen Halbwelle des Empfangssi- 40  
gnals ein Signal zur Freigabe eines Stoppsig-  
nals für einen Laufzeitzähler (5) zu erzeugen.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekenn- 45**  
**zeichnet,**

- daß das Ausgangssignal des ersten Kompara- 45  
tors (11) über eine erste Impulserzeugungsein-  
richtung (15), die bei jeder Flanke einen kurzen  
Impuls erzeugt, auf den Takteingang eines  
ersten flankengetakteten D-Flip-Flops (17) 50  
geführt ist, an dessen Dateneingang ein Steu-  
ersignal zur Festlegung eines Meßfensters  
anliegt und dessen Q-Ausgang auf den Daten-  
eingang eines zweiten flankengetakteten D-  
Flip-Flops (20) geführt ist, und 55
- daß das Ausgangssignal des zweiten Kompa-  
rators (12) über eine zweite Impulserzeu-  
gungseinrichtung (23) auf den Takteingang des  
zweiten D-Flip-Flops (20) geführt ist, das an

seinem Ausgang das Stoppsignal für den Lauf-  
zeitzähler (5) liefert.

6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekenn-  
zeichnet,**

- daß dem Takteingang des ersten D-Flip-Flops  
(17) und/oder des zweiten D-Flip-Flops (20) ein  
voreinstellbarer Impulszähler (52, 53) vorge-  
schaltet ist.



FIG 1

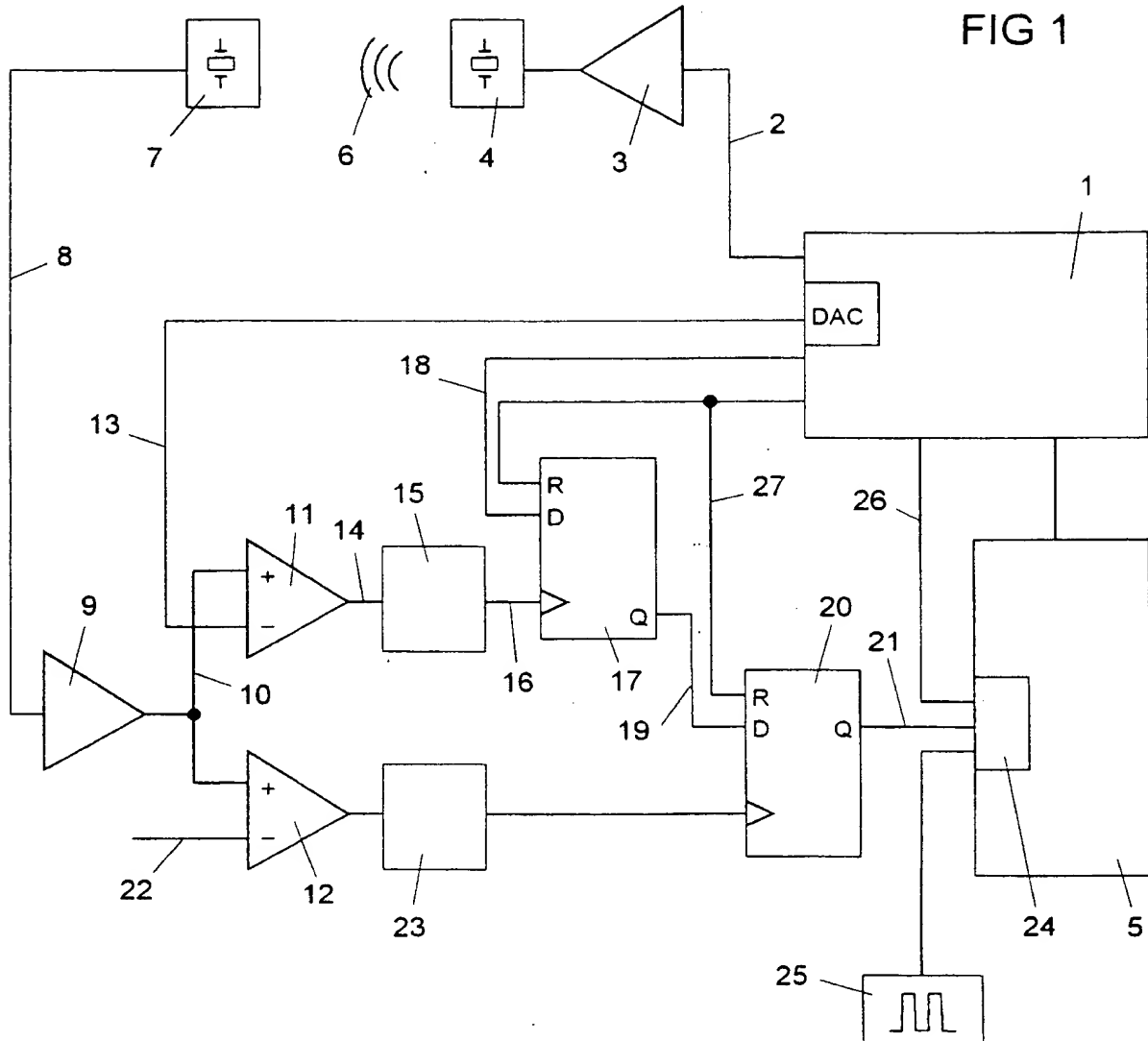
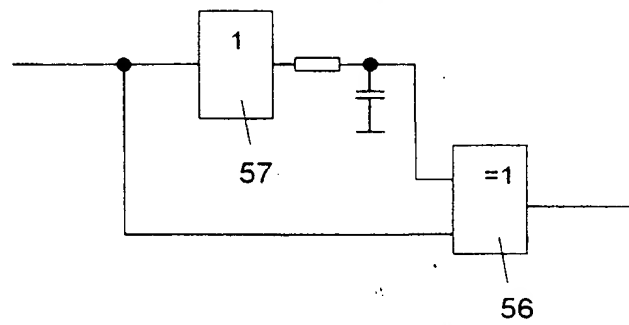


FIG 6



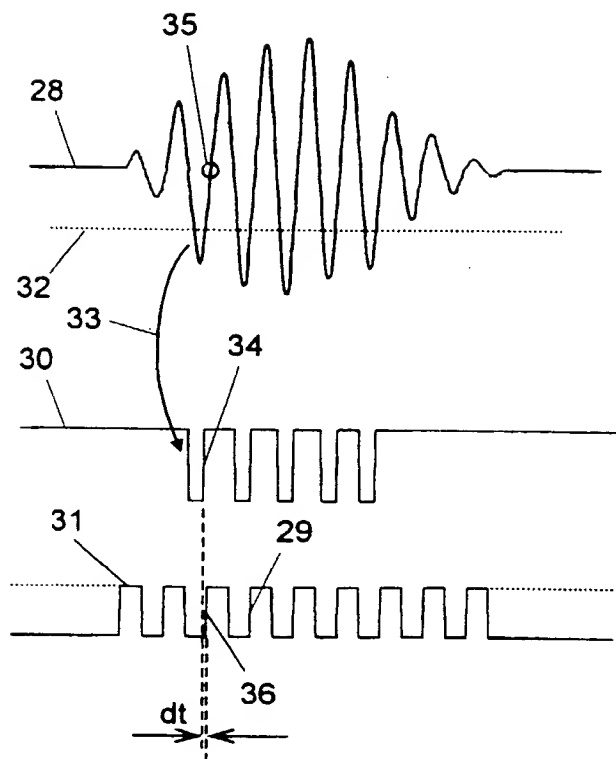


FIG 2

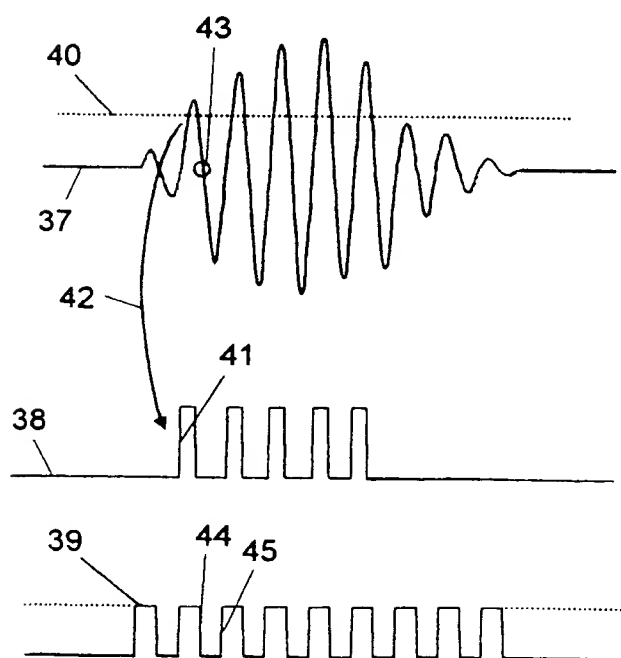


FIG 3

FIG 4

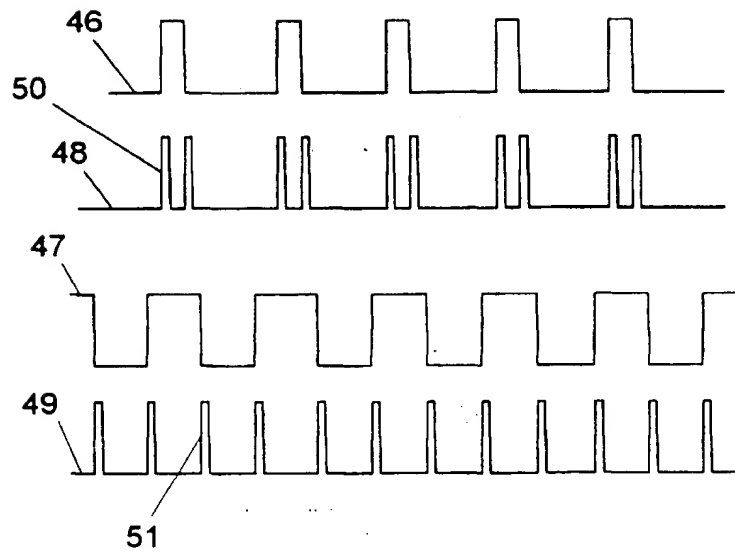
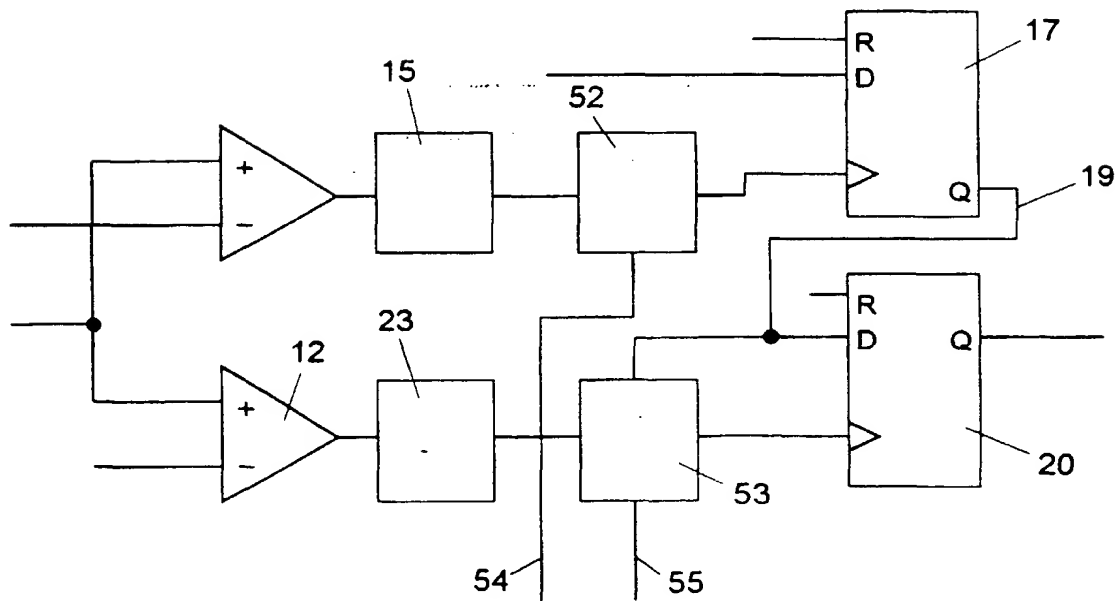


FIG 5



THIS PAGE LEFT BLANK